

平成 22 年 5 月 29 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007 ～ 2009
 課題番号：19700228
 研究課題名（和文） 非対称正規分布交叉による有望領域の重点探索
 研究課題名（英文） Importance Sampling in Promising Search Regions
 by Asymmetrical Normal Distribution Crossover
 研究代表者
 染谷 博司（SOMEYA HIROSHI）
 統計数理研究所・モデリング研究系・助教
 研究者番号：00333518

研究成果の概要（和文）：実数値型 GA による関数最適化において、最適解が探索空間の中心以外に位置する、稜構造である、といった特徴を有する目的関数の最適化は比較的困難である。本研究では、これらの特徴を複合的に有する困難な最適化問題に有効な、非対称正規分布交叉（Asymmetrical Normal Distribution Crossover; ANDX）、および、世代交代モデル eXclusive-MGG モデル（X-MGG）を提案した。また、提案手法の実験的および理論的解析により、交叉が重点的に探索すべき有望探索領域についての知見を深めた。

研究成果の概要（英文）：In function optimization problems, the search performance of real-coded GAs is still unsatisfactory on several objective functions where, for example, the optima are located far from the center region of the search space or the landscapes have ridge structures. In the study, Asymmetrical Normal Distribution Crossover (ANDX) and eXclusive-MGG model (X-MGG) have been proposed for tackling such objective functions. Through experimental and theoretical analyses, we have deepened the understanding of promising search regions in crossover operations.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	900,000	0	900,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	690,000	3,890,000

研究分野：確率的最適化

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学／ソフトコンピューティング

キーワード：遺伝アルゴリズム、進化型計算、最適化

1. 研究開始当初の背景

関数最適化問題は、さまざまな工学的実問

題に頻出する重要な最適化問題である。コード化に実数値を用いた遺伝的アルゴリズムである実数値 GA は、実問題において高い性

能を示すことが知られており、近年では、複雑なレンズ系の設計問題、タンパク質の三次元構造予測、などへの応用例が報告されている。しかし GA においても、次の特徴を複合的に有する目的関数の最適化は比較的困難であることが報告されている。

- (A) 離散型
- (B) 大谷構造を有する多峰性関数
- (C) 最適解が探索空間の中心以外に位置する
- (D) 稜構造
- (E) 変数間の依存関係
- (F) UV 構造

2. 研究の目的

本研究の目的は、これらの特徴を複合的に有する困難な最適化問題に有効な交叉法として、非対称正規分布交叉 (Asymmetrical Normal Distribution Crossover: ANDX) を提案し、また、提案する交叉法の性能を十分に引き出すための世代交代モデルである eXclusive-MGG モデル (X-MGG) を提案することにある。また、提案手法の実験的および理論的解析により、交叉が重点的に探索すべき有望探索領域についての知見を深める。

関数最適化のためのいくつかの探索オペレータが提案されている。これら既存手法は目的関数の景観に対し何らかの仮定を設け、その仮定に基づき有望な探索領域を設定し、その領域を重点探索することで効率的な最適解の発見を試みる。有望探索領域は次のように整理される。

有望探索領域 1 :
良好な解候補の近傍 (親個体の近傍)

有望探索領域 2 :
親個体群の内部空間

有望探索領域 3 :
座標軸に依存しない領域

有望探索領域 4 :
親個体分布の統計量を保存する領域
(平均および分散・共分散行列)

そこで、[小野 99, 喜多 00, 樋口 01, Deb05] などの国内外における主要な既存手法の重点探索領域を詳細に考察し整理したところ、有望と考えられる領域すべての重点探索を考慮して設計されたものはないことがわかった。表 1 に、既存手法がどのような領域を重点探索領域としているかを示す。すべての有望探索領域を考慮したものは既存手法にはないことがわかる。

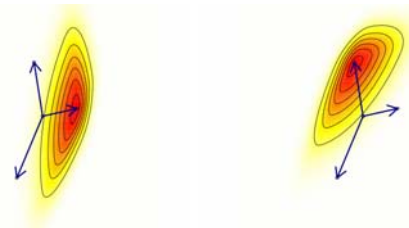
表 1: 既存手法の重点探索領域

	良好な解候補の近傍 (親個体の近傍)	親個体群の近傍		
		親個体群の内部空間	座標軸に依存しない領域	親個体分布の統計量を保存する領域
LS, SA	○	-	-	-
BLX- α	-	○	-	○
SPX	-	○	○	○
BNDX, PCX	○	-	○	-
UNDX(- m)	-	○	○	○
mPCX	○	○	○	-

3. 研究の方法

既存手法の重点探索領域を詳細に考察することで明らかになった有望探索領域すべての重点探索を考慮し、交叉法 ANDX を設計する。子個体生成の確率密度分布には、非対称な正規分布を用いる。提案手法の確率密度分布を図 1 に示す。

ANDX は多数の親個体を用いる交叉法である。申請時までの調査において、次のこと



(a) 親 1 の周囲

(b) 親 2 の周囲



(c) 親 3 の周囲

(d) 合成

図 1: 提案手法の子個体生成の確率密度分布の例。2次元空間において親 3 個体を用いた場合。

が今後の課題として挙げられた。

- (ア) 多数 (3 以上) の親を用いた場合の挙動の検証
- (イ) 統計量の遺伝の考え方[喜多 99]に基づいた、適切なパラメータ設定についての考察と検証
- (ウ) 探索局面に応じた適応的なパラメータ調整の方法の効果の検証
- (エ) 交叉法と世代交代モデルの組合せかたについての考察
- (オ) X-MGG における距離情報の利用の検討

本研究では上記課題を調査する。また、交叉法の設計論一般への議論の拡張を試みる。

4. 研究成果

電子計算機での実装条件に忠実な理論解析として、個体集団の有限性に着目し、課題(ア)(イ)に関する調査を行った。これにより、子個体群分布の広がり適切さと親個体数との依存関係を明らかにした。また、計算機実験によってその妥当性を確認した。

ANDX の確率密度関数は、図 2 に示すような複数の分布形状をとることができる。これらの子個体群分布の分散・共分散行列の大きさはいずれも同一であり、当初は類似した探索挙動を示すと思われたが、図 3 に示すとおり、世代交代モデルとの相性によって異なる挙動を示した。課題(ウ)(エ)(オ)では、その原因を理論解析によって調査し、計算機実験による観察結果と整合する解析結果を得た。

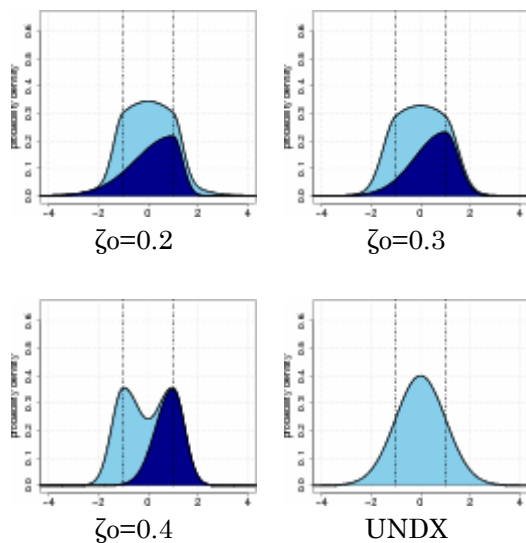
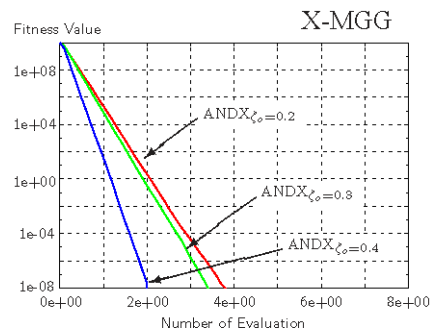
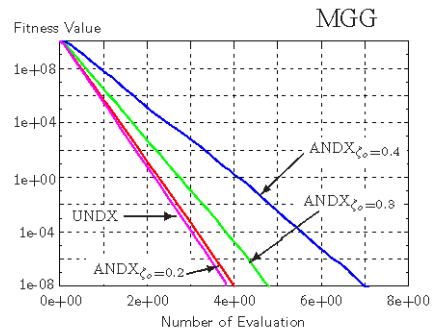


図 2: 子個体生成の確率密度関数。濃い塗り潰しはひとつの親の近傍のみに関する子個体分布を示す。



pop = 5

図 3: 交叉パラメータと世代交代モデルとの相性 (Sphere 関数での収束曲線)

これらの成果により、「研究開始当初の背景」にて述べた困難さの要因を有する最適化問題において、最適化性能の向上が可能となった。

--- 参考文献 ---

[小野 99] 小野功, 小林重信: 単峰性正規分布交叉 UNDX を用いた実数値 GA による関数最適化, 人工知能学会誌, Vol.14, No.6, pp.1146-1155, 1999.

[喜多 00] 喜多一, 小野功, 小林重信: 実数値 GA のための正規分布交叉の多数の親を用いた拡張法の提案, 計測自動制御学会論文集, Vol.36, No.10, pp.875-883, 2000.

[樋口 01] 樋口隆英, 筒井茂義, 山村雅幸: 実数値 GA におけるシンプレクス交叉の提案, 人工知能学会誌, Vol.16, No.1, pp.147-155, 2001.

[Deb 05] Kalyanmoy Deb: A population-based algorithm-generator for real-parameter optimization, Soft Computing, Vol.9, No.4, pp.236-253, 2005.

[喜多 99] 喜多一, 山村雅幸: 機能分担仮説に基づく GA の設計指針, 計測と制御, Vol.38, No.10, pp.612-617, 1999.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 小野田 崇, 染谷 博司: ニューラルネットワーク研究の温故知新と最適化手法の研究動向, 電気学会論文誌C, Vol. 130, No. 1, pp. 2-5 (2010) 査読なし (解説)

[学会発表] (計 15 件)

- ① 染谷 博司: 実数値型進化計算の選択操作における二次統計量の保存, 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 講演論文集, pp. 516-521 (2009) 査読なし (計測自動制御学会 システム・情報部門 優秀論文賞)
- ② Hiroshi Someya, Kensaku Sakamoto and Masayuki Yamamura: Biologically-implemented Genetic Algorithm for Protein Engineering, In *Proceedings of ACM Genetic and Evolutionary Computation Conference: GECCO-2009*, pp. 233-240, Montreal, Canada (2009) フルペーパー査読あり
- ③ Hiroshi Someya: Parameter Tuning of Real-valued Crossover Operators for Statistics Preservation, *Lecture Notes in Computer Science 5361 Simulated Evolution and Learning*, pp. 269-278 (2008) フルペーパー査読あり
- ④ Hiroshi Someya: Cautious Particle Swarm, In *Proceedings of IEEE Swarm Intelligence Symposium: SIS2008*, pp. 1-6, St. Louis, Missouri, USA (2008) フルペーパー査読あり
- ⑤ 染谷 博司: 有限母集団の統計量を保存する実数値型遺伝的アルゴリズム, 電気学会 電子・情報・システム部門大会講演論文集, pp. 469-474, 函館 (2008) 査読なし (電気学会 電子・情報・システム部門大会 奨励賞)
- ⑥ Hiroshi Someya: Theoretical Parameter Value for Appropriate Population

Variance of the Distribution of Children in Real-coded GA, In *Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation: CEC2008*, pp. 2722-2729, Hong Kong (2008) フルペーパー査読あり

- ⑦ 染谷 博司: 実数値GAにおける世代交代モデルと交叉オペレータの依存関係の一考察, 電気学会 産業計測制御研究会講演論文集, pp. IIC-08-7, 横浜 (2008) 査読なし (電気学会 産業計測制御技術委員会 優秀論文発表賞) (電気学会 産業応用部門 部門優秀論文発表賞)
- ⑧ Hiroshi Someya: Theoretical Analysis on an Inversion Phenomenon of Convergence Velocity in a Real-Coded GA, In *Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation: CEC2007*, pp. 4531-4537, Singapore (2007) フルペーパー査読あり
- ⑨ Hiroshi Someya: Promising Search Regions of Crossover Operators for Function Optimization, *Lecture Notes in Artificial Intelligence 4570 New Trends in Applied Artificial Intelligence*, pp. 434-443 (2007) フルペーパー査読あり

他、6 件

[図書] (計 1 件)

- ① 「ソフトコンピューティングの新展開とその産業応用」, ソフトコンピューティングの新展開とその産業応用調査専門委員会編, 総ページ数 146 (分担執筆, 第 3 章 4 節, pp. 63-66), 2009 年, 電気学会技術報告 第 1151 号, 電気学会.

[その他]

- ① 染谷 博司, 佐久間 淳, 岡部 達哉: 進化型計算の統計的理解と応用, 統計数理研究所 公開講座資料 (2008) 査読なし (オーガナイザーおよび講師)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

染谷 博司 (SOMEYA HIROSHI)

統計数理研究所・モデリング研究系・助教
研究者番号: 00333518